



Transportation & Logistics Division Newsletter

日本機械学会 交通・物流部門ニュースレター

No.62 September, 2021

一体プレス式台車枠を用いた鉄道車両用台車

一体プレス式台車枠(以降、本台車枠)は、高い信頼性を追求した新しいコンセプトの台車枠である。構造と製法を見直し、強度の信頼性を向上したうえで、様々な機器の搭載に柔軟に対応できる仕様となっている。また、メンテナンス性に配慮した設計は、日々の作業の軽減に貢献する。

一般的に台車枠は鉄道車両の全荷重を支え、“走る”・“止まる”・“曲がる”に必要な機器類を取付けている最重要部品である。側バリ・横バリ・ツナギバリ等で構成され、側バリには輪軸を支持する軸バネを取めるためのバネ帽が溶接されている。バネ帽溶接部は、部材の断面が急変する箇所であり、「最重要溶接部」として厳重な管理を要する箇所である(図1上)。

本台車枠は強度的な信頼性の確保とメンテナンス性に配慮し、側バリと横バリにそれぞれ一体プレス加工品を採用したことを特徴としている(図1下)。

本台車枠では、側バリ本体とバネ帽を一体化した(図1下灰色部分)ことにより、バネ帽部の溶接を削減し「最重要溶接部」の対象外とすることを実現した。加えて、側バリ本体の下面にあった溶接線を削減し、一般に溶接欠陥の一因となりやすい溶接の始末端は、強度的な影響が小さい、側バリの前・後端部に集約している。

横バリ部についても2本の横バリとツナギバリを一体化した(図

1下緑色部分)。従来構造のこの部分は、狭い作業スペースでの溶接となり場合によってはグラインダ仕上げも必要となる部位があることから、品質管理に注意が必要な箇所だった。そこで、プレス加工した鋼板2枚をロボット溶接で接合して、ツナギバリを廃止する新構造を開発した。この横バリ形状は各機器の配置に合わせて最適化を図っているため、各機器の選定自由度の向上と取付ブラケットの小型化を実現した。これにより強度上だけでなくカスタマイズ設計上も有利となっている。

これら構造の工夫およびプレス材の多用により、台車枠の重要溶接線長を従来比で約60%減とし(図2上)、残存する検査対象部位は限定的である(図2下)。その結果、鉄道事業者において、定期検査時の磁粉探傷作業時間の大幅な短縮を可能とした。また、側バリ本体の下面から溶接線をなくしたことにより、日常点検等における上向き点検の労力を軽減した。

本台車枠は、多くの鉄道事業者にて営業運用にて使用されており(図3)、さらなるラインナップの拡充を目指して、開発が続けられている。

参考リンク
https://www.n-sharyo.co.jp/technology/ns_bogie/ns_bogie.html

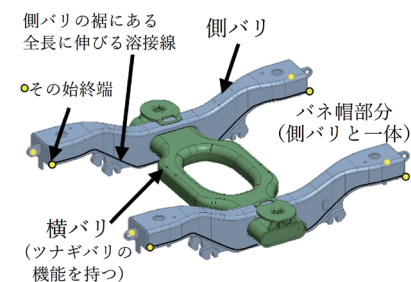
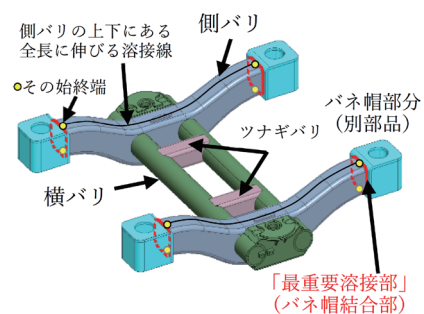
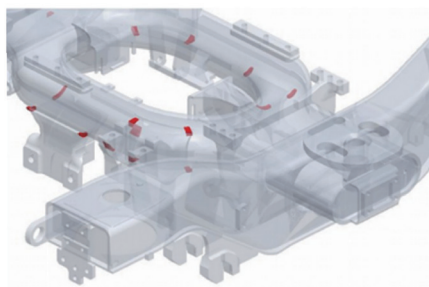
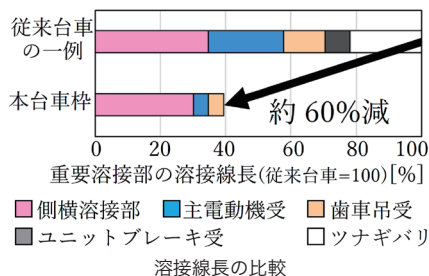


図1 一般的な台車枠(上)と本台車枠(下)



重要溶接部のうち探傷検査対象として残る部分(最重要溶接部)(着色部)

図2 重要溶接部の削減効果

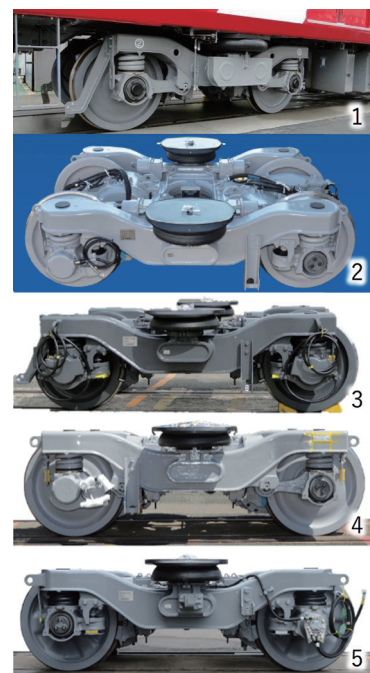


図3 本台車枠の採用例

- *1 遠州鉄道(株) 2000形通勤車(5次車-)
- *2 小田急電鉄(株) 70000形ロマンスカー(GSE)
- *3 九州旅客鉄道(株) YC1系通勤車
- *4 小田急電鉄(株) 5000形通勤車
- *5 東海旅客鉄道(株) HC85系特急車

自動運転レベル 3 (トラフィックジャムパイロット) の実用化

自動運転は、究極的にはドライバーのヒューマンエラーを排除し、交通事故を大幅に低減できる可能性を有する技術である。同時に、運転に伴う不安やストレスを軽減することで、全ての人々が心から安心して、自由に移動できる社会の実現に貢献できると考えられる。世界で初めて、トラフィックジャムパイロット (渋滞運転機能) を搭載して自動運転レベル 3: 条件付自動運転車 (限定領域) の型式指定を取得した車両が、2021 年 3 月に発売された。

運転自動化レベルの定義は、運転者とシステムとの役割分担に基づいている (図 1)。レベル 1、2 は、たとえ操作が自動化されていたとしても運転者が外界を監視する責任がある「運転支援」機能である。これまで自家用車で実用化されているシステムは全て運転支援であった。レベル 3 以上では、運転者が外界を監視する必要がない「自動運転」となる。

トラフィックジャムパイロットは、高速道路渋滞時において、従来ドライバーが行っていた認知・予測・判断・操作をシステムが代行し、車線を維持しながら先行車に追従する。図 2 に、トラフィックジャムパイロットのシステム構成を示す。外界認識として、二系統のフロントカメラ、ミリ波レーダと LiDAR (light detection and ranging; レーザによる測距装置) が自車周辺 360 度の状況を検知している。加えて自車位置認識として、高精度地図を使用している。車両制御システムは、ブレーキ、ステアリングそして電源系を含めて二重化されて、ドライバー状態を検知するドライバーモニタリングカメラも備えて

いる。本機能により、ドライバーは周囲の安全監視義務から解放され、ナビ画面によって TV や DVD 視聴、ナビ操作も可能となる。他に高度な運転支援機能として、ハンズオフ機能付車線内運転支援機能、ハンズオフ機能付高度車線変更支援機能等も併せて実用化している。

一方、トラフィックジャムパイロットの開発においては、安全性・信頼性の確立が最大の課題であった。自動運転の基準や評価方法が世界的に確立されていないなか、独自の検証プロセスを構築した (図 3)。日本全国の高速道路をモデル化した仮想環境上で基本的交通流パターンを導出し、必要なパラメータを網羅的に組み合わせながら、膨大なシナリオをシミュレーションで検証した。さらに約 130 万 km におよぶ公道での実証実験を行い、遭遇した新たな事象をシミュレーションにフィードバックすることで、検証の網羅性を確保した。

本開発によって自動運転の第一歩を実現したが、今後は自動運転が使える走行環境領域を拡げると同時に、培われた技術を安全運転支援の一層の進化に活用し、一日も早く事故ゼロ社会の実現を目指して行く。

参考リンク

- <https://www.honda.co.jp/hondasensing-elite/system/index.html>
- <https://www.honda.co.jp/hondasensing-elite/function/index.html>

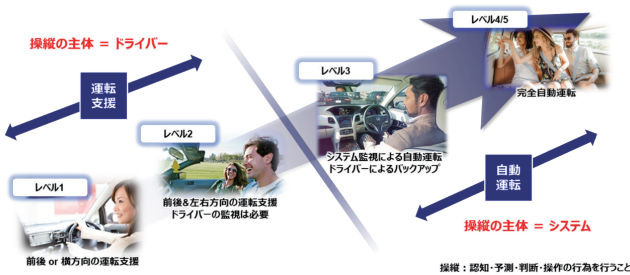


図 1 運転自動化システムのレベル定義

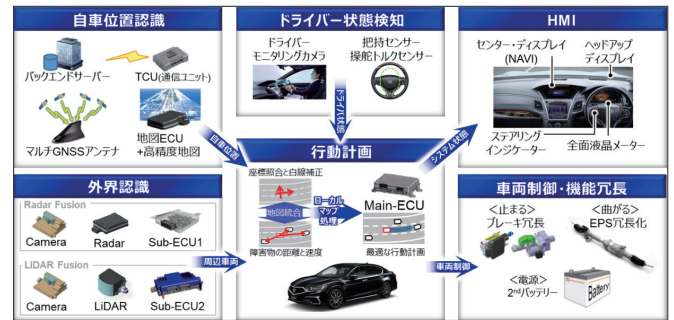


図 2 トラフィックジャムパイロットのシステム構成

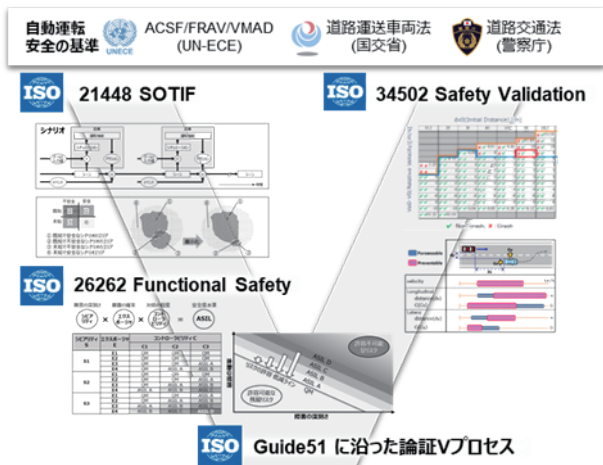


図 3 安全性・信頼性の確立に向けた開発プロセス



記事・図提供: (株) 本田技術研究所

新型宇宙ステーション補給機の自動ドッキングシステムの開発

宇宙ステーション補給機「こうのとりのこ」は、2020年に全9回のミッションを成功裏に終えた。これにより、日本は高度400kmを飛行する有人宇宙基地である国際宇宙ステーション (ISS) に、無人でランデブ^{*1} 飛行する宇宙機を実現させた。現在は、その役割を、後継機である新型宇宙ステーション補給機 (HTV-X) へと引き継いでいる。結合方式は、世界で初めて「こうのとりのこ」ミッションで確立させた「キャプチャ・パーシング」と呼ばれる、宇宙飛行士がロボットアームで宇宙機を掴んでISSへ結合 (パーシング) させる方式を用いている。一方、米国アルテミス計画において将来建設される月軌道プラットフォーム「ゲートウェイ」には、宇宙飛行士は常駐しない。無人の拠点に物資を輸送するには、宇宙飛行士に頼らず自動ドッキングできる能力が必須となる。そのため、HTV-Xを月軌道への輸送インフラとしてさらに発展させるべく自動ドッキングシステムの開発を進めている。本開発では、航法センサ・ドッキング機構など要素の開発のみならず、宇宙機と連動したドッキングシステム開発が重要となる。

ISSにおける有人安全要求は、2つの故障もしくは運用ミスのかかる組み合わせが生じて、ISSの損失やISSクルーの致命的な怪我などを発生させないことが要求 (Two Fail Safe) である。特に、ISSへの衝突は最上位のハザードに分類される。パーシングではISS下方10mに安全に相対停止させるが、ドッキングではコンタクト (0m) まで安全要求が課せられる (図1)。つまり、コンタクト

前後で故障が発生しドッキングが完了しない場合には、宇宙機とドッキング機構が連携動作し、一旦安全に退避できなければならない。

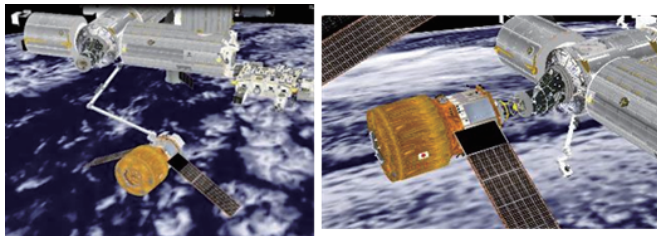
このシステム安全設計においては、概念設計当初から STAMP/STPA^{*2} を適用し、ハザード分析を行いながら複雑に相互作用するシステムにおける安全設計を進めている。また、MBSE (Model Based System Engineering) を導入し、異常時対応も含めたシステムモデル化を行い、システム設計を進めている (図2)。

国際ドッキング標準で定められたイニシャルコンタクト条件を表1に示す。誘導制御系はこの範囲内に宇宙機を投入し、ドッキング機構はこの範囲内の相対ズレを補正しドッキング結合させる。

この境界条件を満足できる仕様であることをデジタル (シミュレーション) とハードウェア試験の併用で検証を行う。モデルベース技術に基づいたデジタルツインを各開発フェーズで活用し、効率的な短期間開発を目指す (図3)。また、本実証で構築したデジタルツインを活用し、将来ミッションへ発展的なカスタマイズを行えるよう開発技術を獲得する。

*1 ランデブ: 宇宙空間において2機の宇宙船が速度を合わせ、同一の軌道を飛行し、互いに接近する操作のこと

*2 STAMP (Systems-Theoretic Accident Model and Processes: システム理論に基づく事故モデル) /STPA (System-Theoretic Process Analysis: STAMPに基づくハザード分析手法): 「相互作用する機能単位でハザード要因を考える」という複雑システムの安全評価に対応する新しい安全性解析手法



パーシング
ISS下方10mで相対停止し、宇宙飛行士が操作するロボットアームでキャプチャされる

ドッキング
コンタクト (0m) およびその後のドッキングまで宇宙飛行士の援助なしに達成が必要

図1 パーシングとドッキングの違い

表1 イニシャルコンタクト条件

イニシャル条件	制限値
接近速度	0.05~0.10 m/s
面内方向速度	0.04 m/s
ピッチ/ヨー速度	0.20 deg/s (ピッチ/ヨーの合成ベクトル)
ロール速度	0.20 deg/s
面内誤差	0.10 m
ピッチ/ヨー誤差	4.0 deg (ピッチ/ヨーの合成ベクトル)
ロール誤差	4.0 deg

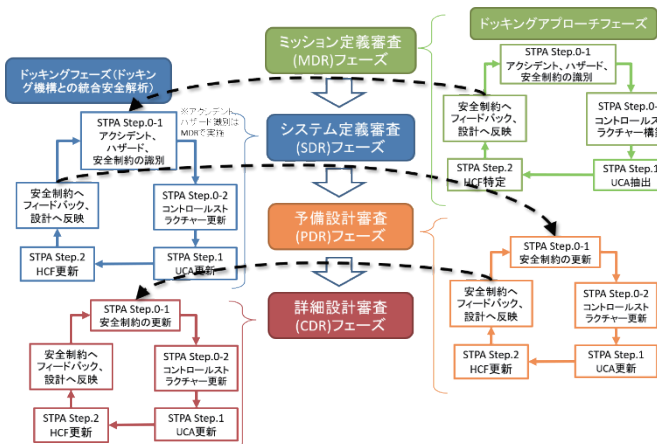


図2 システム安全設計の進め方

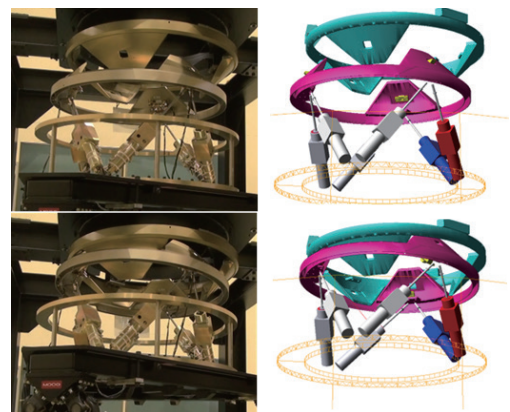


図3 デジタルツイン (ドッキング機構モデル化)

歩行者の自発的な整流を促す空間設計

(株) 豊田中央研究所 小山 志穂里

移動手段の多様化やモビリティ技術の発展に伴い、現代の交通システムはより複雑化している。このような交通システムの中に現れる渋滞などの挙動は依然として未知の現象が多く、今日でも多くの研究が進められている。もっとも基本的な移動手段である歩行についても、身近でありながらもわからないことが多く、実験と理論の両側面から研究されている。

今回、楕円形の柱のような障害物を歩行者の流れに対して角度をつけて非対称に設置することで、歩行者が自発的に整流されることをシミュレーションおよび理論の両面から示した。シミュレーションには、もともと原子や分子の運動を模擬するために用いられる分子動力学シミュレーションの手法を用い、歩行者間および歩行者と障害物との間にはたらく力として Social Force モデルと呼ばれる相互作用力を適用した。このモデルは過去の研究から歩行者の集団的な振舞いをよく再現することが知られている。

ここでは、図1に示すように、直線的な廊下の中に順方向と逆方向に向かう歩行者が同数程度存在する状況を考える。歩行者群の空間的な形態を定量化するために、右側通行または左側通行のときに絶対値が大きくなるようなオーダーパラメータ Φ を導入する ($\Phi > 0$ が左側通行、 $\Phi < 0$ が右側通行)。代表的な歩行者密度の場合に対して、障害物の傾き θ の影響を調べた結果を図2に示す (シンボルがシミュレーション結果)。障害物と歩行者流れの向きとの間に角度があるときに通路内の歩行者が分離され、傾きが $\pm \pi/4$ 程度のあるときにこの効果がより顕著に現れる。このとき、整流されていない場合に比べ、整流されている場合は歩行者の平均流速が大幅に向上することも確認された。さらに本研究では、障害物の隙間を横切る歩行者の挙動が、分離膜を通過する液体分子の挙動と似ていることに注目し、物理化学の知見を用いて理論解析した。その結果、図2に線で示したようにシミュレーションの結果と同等になることが確認できた。

従来のもものでは、スマートフォンや標識を用いた誘導で片側通行を促したり混雑を回避したりする方法が用いられてきたが、表示を読むことができない子供や外国人の方にとっての効果は限定されていた。しかし、本研究の結果は無意識下での整流を実現することができる。障害物と歩行者との相互作用の非対称性は形状だけでなく、

デジタルサイネージなどによっても実現が可能であり駅やイベント会場などの混雑緩和に貢献が期待できる。

・論文
<https://iopscience.iop.org/article/10.1209/0295-5075/129/50005>
 ・Twitter
<https://twitter.com/ToyotaCRDL/status/1379056225631936512>

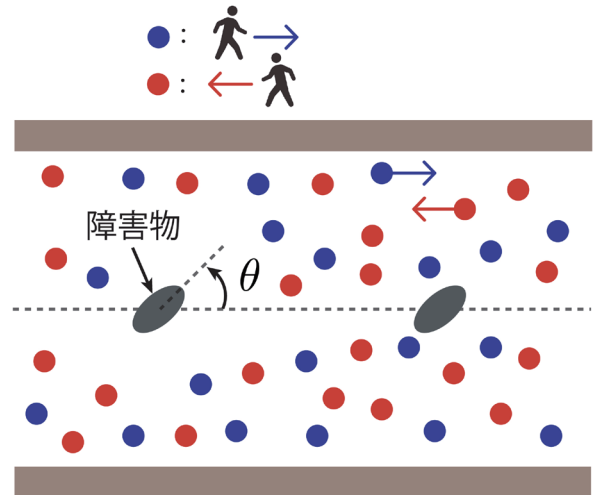


図1 廊下を互いに逆方向に進む歩行者群

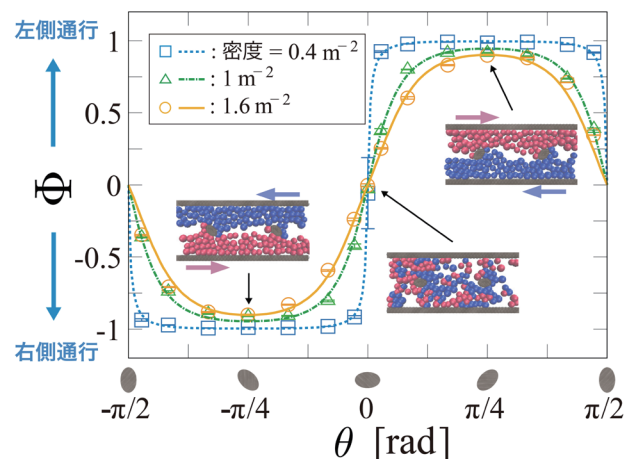


図2 障害物の角度 θ を変化させたときの歩行者群の形態

記事・図提供：(株) 豊田中央研究所

日本機械学会学術誌 投稿のご案内

日本機械学会学術誌 交通・物流カテゴリ カテゴリマネージャー 網島 均 (日本大学)

本会では、機械工学の全分野をカバーした、国際的にも存在感を有する学術誌を刊行しております。会員の皆様には、数多くの素晴らしい研究成果を学術誌に積極的に投稿いただきたくお願い申し上げます。和文の場合はカテゴリ「交通・物流」を、英文の場合は「Transportation and Logistics」をお選びください。

- Mechanical Engineering Reviews <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/mer>
- 日本機械学会論文集 <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/transjsme/-char/ja/>
- Mechanical Engineering Journal <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/mej>
- Mechanical Engineering Letters <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/mel>

『夢・乗り物アイデアコンテスト 2020』開催報告

夢・乗り物アイデアコンテスト 2020 審査委員会委員長 宮本岳史 (明星大学)

第29回交通・物流部門大会 (TRANSLOG2020) において、今回で3回目となる夢・乗り物アイデアコンテストを開催しました。コロナ禍の中とあってか、応募件数は11件と少なかつたものの、じっくり考えられた作品が集まりました。その中から最優秀賞1件、優秀賞3件に交通・物流部門賞を贈りました。

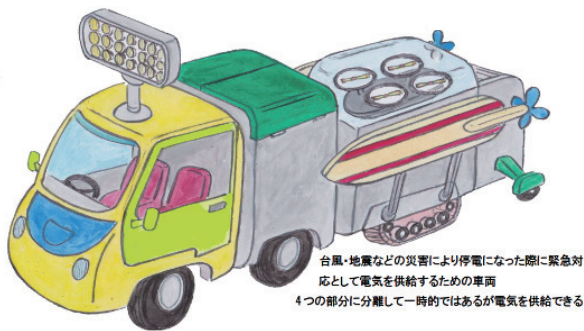
受賞作品について、災害対策関係の2作品はいずれも多機能型で、多様な場面での活躍を想定し、新たな乗り物が社会の中で有効に活用されるように考えられているものでした。また、ドアレスエレベータの発想には、強く感心しました。これら作品を拝見するとき、新鮮な発想を楽しく感じるとともに、励まされているとも感じます。応募作品に鼓舞される機械技術者もいることでしょう。

過去の受賞作品がホームページ上でご覧頂けるようになりました。今年度分については審査委員コメントを添えて掲示しております。皆様の発想の参考にして頂ければ幸いです。

部門トップページ > 部門大会 > 夢・乗り物アイデアコンテスト <https://www.jsme.or.jp/tld/home/translog/ideacontest.html>

今年のTRANSLOG2021においても、夢・乗り物アイデアコンテストを開催します。奮ってご応募頂きますよう、お願い申し上げます。

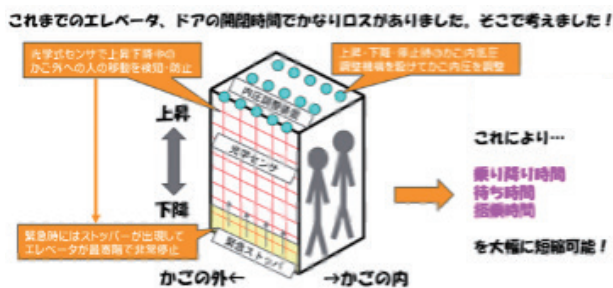
入賞作品紹介



最優秀賞 「災害時緊急送電用車両」 木野田博彦さん



優秀賞 「ウミのなかにすむオタスケタイ」 神野舞香さん



優秀賞 「メカニカルドアレスエレベータ」
長岡航汰さん・森崎稜磨さん

ぶつかってなんですCar?



優秀賞 「ぶつかってなんですCar?」
長岡航汰さん・内藤匠海さん

編集後記

当部門は、各種の交通・物流モードに渡る横断的要素の他に、専門分野が異なる縦断的要素もあるのが特徴です。モードや分野に特化した学会では得られ難い、情報や人脈などのメリットがあり、中でも広報・出版委員会はその特権が濃縮された、とても役得な委員会でした。過去形で書いたのは、2020年に事態が一変したからですが、委員会に限らず講演会などの様々なイベントがオンラインで開催されるようになりました。会議体としては成立するものの、前述の特権的な情報などは、会議中よりは休憩時間であったり、講演後の講演者との個別なやりとりであったり、会議外で得られることが多く、オンライン化により、そのような機会が激減しました。オンライン会議後にわざわざ個別に残って話すような内容ではない、ちょっとした小話をするのがとても難しいように感じています(会議後のオンライン懇親会は、業務との関係で難しい場合があります)。何か良い手はないかと、無い知恵を絞っています。



丸茂 (日本大)

第99期 広報・出版委員会

委員長 丸茂 喜高 (日本大学)
幹事 飯田 浩平 (鉄道総合技術研究所)
委員 関根 太郎 (日本大学)
佐藤 哲郎 (日本車輛製造)
井上 諭 (電子航法研究所)
宮崎 恵子 (海上技術研究所)
渡辺 誠治 (三菱電機)



日本機械学会 交通・物流部門

〒162-0814 東京都新宿区新小川町4-1KDX 飯田橋スクエア 2階

TEL: 03-4335-7610 (代表) URL: <https://www.jsme.or.jp/tld/home/>